

# UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE REALIDADE VIRTUAL NO PROJETO DE UMA FERRAMENTA 3D PARA DESENVOLVIMENTO DA HABILIDADE DE VISUALIZAÇÃO ESPACIAL

---

Rodrigo Duarte Seabra<sup>1</sup>

Eduardo Toledo Santos<sup>2</sup>

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. Utilização de técnicas de realidade virtual no projeto de uma ferramenta 3D para desenvolvimento da habilidade de visualização espacial. *Revista Educação Gráfica*, Bauru, n.9, p.111-122, 2005.

## Resumo

Os sistemas computacionais e as aplicações de Realidade Virtual (RV) adicionaram uma nova dimensão ao estudo da visualização espacial. A disponibilidade e aplicação de sistemas computacionais no ensino possibilitam a construção e manipulação de representações gráficas em ambientes que simulam características tridimensionais, podendo possivelmente facilitar a observação e a compreensão de modelos teóricos. Sistemas com RV representam novas formas de interação com o usuário, as quais proporcionam maior

---

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, rodrigo.duarte@poli.usp.br

<sup>2</sup> Professor Doutor, Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, eduardo.toledo@poli.usp.br

envolvimento e exploração dos sentidos humanos, uma vez que o processo de interação é executado no âmbito tridimensional. Assim, esse trabalho apresenta algumas técnicas de RV, em especial a estereoscopia, utilizadas no projeto de uma ferramenta 3D visando o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial dos estudantes, especialmente daqueles com menor habilidade, no processo de percepção de problemas de Geometria Descritiva.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Estereoscopia, Habilidade de Visualização Espacial, Geometria Descritiva.

#### Abstract

Computational systems and applications of Virtual Reality (VR) have added a new dimension to the study of spatial visualization. The availability and application of computational systems in education make the construction and manipulation of graphical representations in environments that simulate three-dimensional characteristics a reality, and it may possibly facilitate the observation and understanding of theoretical models. VR systems represent new forms of interaction with the user, providing greater engagement and exploration of the human senses, as the interaction process is executed in the three-dimensional scope. Thus, this work presents some VR techniques, in particular, the stereoscopy, used in the design of a 3D tool aiming at the development of the spatial visualization skill of the students, especially of those less skilled, in the process of perception of Descriptive Geometry problems.

**Keywords:** Virtual Reality, Stereoscopy, Spatial Visualization Skill, Descriptive Geometry.

## 1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) sofreu um enorme impulso científico e tecnológico na década de 1990. Equipamentos que antes custavam centenas de milhares de dólares atualmente são disponibilizados em grande escala e relativo baixo custo à sociedade, por exemplo, projetores, óculos polarizadores e computadores de alto desempenho gráfico e de processamento. Neste sentido, a RV se consolida e se expande, encontrando aplicações em um número crescente de áreas, indo do entretenimento à medicina, passando pela arte e por grandes setores industriais e de serviços. A queda de preços em *hardware* e *software*, acompanhada pelo aumento da qualidade e capacidade de processamento, tem permitido a expansão de aplicações baseadas nessa tecnologia.

Esse trabalho apresenta o projeto de uma ferramenta didática para apoio ao ensino de Geometria Descritiva (GD) com base em técnicas de Realidade Virtual, a fim de facilitar a visualização e a compreensão de situações espaciais complexas para estudantes com baixas habilidades espaciais. Visando uma interface natural, que se integre de forma transparente ao processo tradicional de ensino-aprendizagem da GD e que praticamente não interfira no comportamento normal dos professores em sala de aula, técnicas de RV foram adotadas para a interface da ferramenta proposta, usando, além de recursos de visualização através de sistemas estereoscópicos ativos (óculos obturadores a cristal líquido) ou passivos (óculos com lentes polarizadoras e projetores polarizados), interação para entrada de dados com dispositivo não convencional (luva de dados).

## 2. Geometria descritiva e habilidade de visualização espacial



As disciplinas de Desenho na Engenharia, por normalmente serem oferecidas no primeiro ano e ter como objetivo geral capacitar o aluno a se comunicar através de representações gráficas, apresentam um enorme potencial para o desenvolvimento da cognição espacial, sendo esta tarefa principalmente do Professor de Desenho (VELASCO; KAWANO, 2002). Para Stachel (2003), as aulas de Geometria Descritiva fornecem um treinamento da potencialidade intelectual dos estudantes na percepção do espaço. Com isso, estes podem compreender objetos espaciais a partir de suas vistas principais, especificar vistas particulares e, adicionalmente, abstrair uma variedade de formas e raciocínios geométricos.

Segundo Olkun (2003), a habilidade de visualização espacial pode ser melhorada através de atividades apropriadas. O desenho de engenharia, que é fundamentado pela GD, é utilizado visando essa finalidade por duas razões: primeiro, constitui-se numa base prática de situações reais por meio da representação e visualização de objetos e, segundo, experiências concretas com objetos geométricos e suas representações auxiliam no desenvolvimento da visualização espacial dos estudantes. Porém, durante as aulas, nota-se que os aprendizes apresentam grande dificuldade em compreender as representações gráficas, sendo um dos fatores que dificultam o entendimento do aluno a falta de visão espacial devidamente desenvolvida (VALENTE, 2003).

De acordo com Barros e Santos (2000), o processo de resolução de um problema de GD pode ser dividido em três fases: *visualização* (processo mental – 2D à 3D), *concepção* (conceitual – 3D) e *operacionalização* (procedimental – 2D). A fase de *visualização* requer basicamente a

compreensão da técnica de representação projetiva e a habilidade de visualização espacial. A fase de *concepção* caracteriza-se por ser a mais complexa, pois exige raciocínio espacial e abstrato, além da criatividade na busca de soluções ao problema. Nesta etapa é criada e definida a estratégia de solução do exercício. Por fim, a fase de *operacionalização* envolve o conhecimento dos procedimentos de manipulação dos elementos bidimensionais da *épura mongeana* e dos teoremas e conceitos básicos que fundamentam esta representação gráfica. Através destes procedimentos e conceitos, a solução concebida na fase anterior é implementada no plano bidimensional. Com base nessas características, acredita-se que a ferramenta de RV a ser desenvolvida possibilitará que o aluno supere a primeira fase (*visualização*) mais facilmente e possa trabalhar nas demais, as quais exigem outras habilidades. Uma versão do sistema para interação sem dispositivos especiais, isto é, somente com uso do mouse e teclado para entrada e o monitor para saída também será implementada de modo que os alunos também possam utilizar esta ferramenta para apoiar seu processo de visualização espacial durante seus estudos fora da sala de aula.

### 3. Realidade virtual

Devido à sua abrangência e ampla utilização, pesquisadores e profissionais envolvidos no contexto da Realidade Virtual procuram defini-la com base em suas próprias experiências.

Assim, pode-se definir Realidade Virtual como sendo uma forma de visualizar, manipular e interagir em tempo real com ambientes tridimensionais simulados por computador. As principais características da

tecnologia de RV e que a distinguem, atualmente de outras aplicações são (BURDEA; COIFFET, 1994; BOWMAN, et al., 2001):

\* *Imersão*: relacionada à sensação do usuário de fazer parte do ambiente virtual. Um sistema imersivo pode ser obtido, por exemplo, através de capacetes de visualização enquanto um sistema semi-imersivo pode ser obtido com o uso de óculos estereoscópicos. Existem também sistemas imersivos baseados em salas com projeções nas paredes, teto e piso (CAVE) (CRUZ-NEIRA et al., 1993).

\* *Interação*: esta característica está relacionada com a detecção dos comandos de entrada fornecidos pelo usuário e à modificação do cenário virtual, face às ações sobre ele, em tempo real. A localização e orientação do usuário, assim como a manipulação dos objetos deve ocorrer de forma natural e o controle dos movimentos do usuário deve ser intuitivo e contínuo, por exemplo, com o emprego e realimentação tátil e de força para o apoio a algumas tarefas (STANNEY et al., 2003).

A RV inclui tecnologias de interface que exploram canais multi-sensoriais de modo a proporcionar aos usuários a sensação de imersão ao navegar e interagir em um espaço tridimensional gerado por processamento computacional. Ambientes de RV são projetados para atender essas características, apresentando um diferencial vantajoso quando comparada a outros tipos de programas de interação entre homem e computador. As principais vantagens são a interação com os ambientes a partir de qualquer ponto de vista, alterações contínuas

e características de aplicação em tempo real. Pausch et al. (1997) destacam que usuários de RV são muito melhores na busca da informação, pois se recordam melhor daquilo que observaram na cena que os envolve. Atualmente, pode-se observar aplicações de RV em áreas tais como educação e cultura (VIDAL et al., 2003; KAUFMANN et al., 2000), medicina (FREITAS et al., 2003), arquitetura (SILVA et al., 2003) e entretenimento (LEITE et al., 2002; CARDOSO et al., 2003), dentre outras.

### 3.1 Ferramentas 3D em geometria

Vários autores têm desenvolvido sistemas que empregam a Realidade Virtual em atividades ligadas à Geometria.

O uso de ferramentas no processo de modelagem de objetos tridimensionais é apresentado por Butterworth et al. (1992). A ferramenta denominada 3DM utiliza um HMD<sup>3</sup> para simplificar o problema e a compreensão da manipulação de objetos tridimensionais, inserindo o usuário no espaço, tornando os relacionamentos mais compreensíveis:

Kaufmann e Schmalstieg (2003) apresentam uma ferramenta de construção geométrica tridimensional projetada especificamente para o ensino de conceitos matemáticos e geométricos. A ferramenta *Construct3D* suporta vários cenários de interação professor-estudante, sendo utilizada nas salas de aula, caracterizando-se pela fácil aprendizagem, incentivo a experimentação com construções geométricas e melhoria na habilidade espacial dos estudantes. O sistema utiliza a

---

<sup>3</sup> HMD – *Head Mounted Display* (capacete de realidade virtual).



Realidade Aumentada (*Augmented Reality*) no processo de visualização dos objetos tridimensionais que até então eram vistos apenas pelos métodos tradicionais. Trabalhando diretamente no espaço tridimensional, problemas espaciais complexos e relacionamentos espaciais podem ser compreendidos mais rapidamente

que nas representações clássicas. O sistema não enfatiza resultados prontos, mas sim o processo de construção dos objetos tridimensionais. A avaliação com estudantes apresentou resultados positivos, caracterizados pelo incentivo dos mesmos em utilizar a ferramenta. A Figura 1 ilustra o funcionamento e interação com a ferramenta.

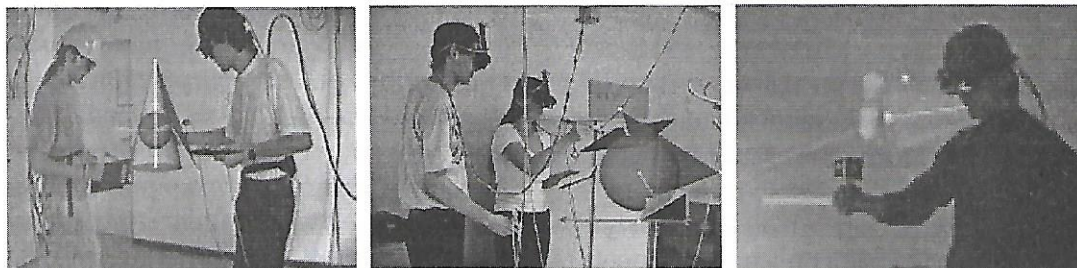


Figura 1: Ferramenta Construct3D (Extraída de KAUFMANN; SCHMALSTIEG, 2003).

Táxen e Naeve (2002) descrevem um ambiente virtual compartilhado visando melhorar o ensino de conceitos matemáticos. O *CyberMath* combina as áreas da Realidade Virtual, Pedagogia e Matemática, apresentando aplicações e conceitos que englobam desde o ensino fundamental até aplicações de pós-graduação. Os usuários podem trabalhar com transformações interativas, explorando os efeitos de transformações tridimensionais em entidades como pontos, linhas, planos e esferas. Manipulando interativamente as entidades, os usuários podem observar os resultados das transformações, aumentando o contato cognitivo com as idéias matemáticas envolvidas no processo de transformação. A ferramenta permite ainda o trabalho com conceitos pertinentes à Geometria Diferencial, geralmente ministrada no nível de pós-graduação. Testes iniciais de usabilidade indicaram que o sistema introduziu eficazmente esses conceitos aos estudantes da graduação. A Figura 2 exibe

uma transformação interativa onde o usuário manipula um plano (à esquerda) e a transformação correspondente é apresentada à direita.

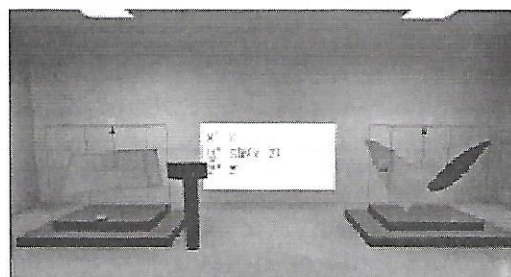


Figura 2: Transformação interativa na ferramenta CyberMath (Extraída de TÁXEN; NAEVE, 2002).

### 3.2 Estereoscopia

A visão monocular conta com elementos para uma percepção rudimentar da profundidade, valendo-se apenas das leis da perspectiva, onde o tamanho aparente dos objetos diminui à medida que esses se

afastam do observador. Além disso, os objetos mais próximos acabam escondendo, atrás de si, os objetos mais distantes que se encontram sobre o mesmo eixo de perspectiva. Em situações onde os objetos encontram-se em movimento, a paralaxe faz aparentar que os objetos mais distantes se deslocam mais lentamente que aqueles mais próximos mesmo que, na verdade, a velocidade dos objetos seja a mesma. A paralaxe consiste na distância entre pontos correspondentes nas imagens de cada olho, devido ao fato de serem captadas de posições ligeiramente diferentes. A visão tridimensional que temos do mundo é resultado da interpretação, pelo cérebro, das duas imagens bidimensionais que cada olho capta a partir do seu próprio ponto

de vista (SISCOUTTO et al., 2004).

Em uma definição mais refinada, estereoscopia refere-se à capacidade de enxergar em três dimensões através da percepção da profundidade em imagens. O processo ocorre quando o cérebro combina em uma única imagem com profundidade as imagens captadas pelos olhos esquerdo e direito (SANTOS, 2000). Além do processo natural para obtenção da estereoscopia, outros processos artificiais, gerados por computador, podem proporcionar ao observador essa sensação de profundidade. O efeito pode ser conseguido usando dispositivos como, por exemplo, óculos obturadores a cristal líquido e projetores polarizados (Figura 3).

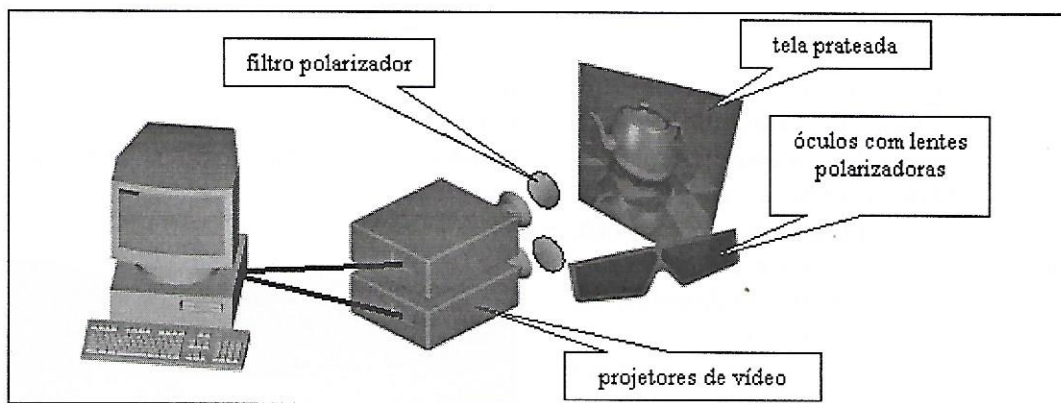


Figura 3: Esquema para projeção estereoscópica passiva (polarizada) (Extraída de SANTOS, 2000).

Para Jones et al. (2001), o uso de imagens estereoscópicas em uma variedade de projetos está se tornando comum. Isso se deve aos amplos benefícios observados com sua utilização, podendo se destacar a percepção da profundidade em imagens, a localização espacial e a percepção melhorada da curvatura e tipos de superfícies.

### 3.3 Óculos estereoscópicos

Existem duas categorias de estereos-

copia com óculos: ativa e passiva. Os óculos estereoscópicos ativos funcionam com a comutação entre abertura (transparência) e fechamento (escurecimento) de cada lente, sincronizada com a apresentação de imagens na tela, alternadas para cada olho. Assim, a lente do olho direito só permanece aberta enquanto é exibida a correspondente imagem na tela e idem para o olho esquerdo. Devido às imagens serem distintas pela paralaxe, a comutação rápida ( $\geq 60\text{Hz}$ ) das imagens e a abertura/fechamento das lentes



proporciona ao usuário a sensação de observar continuamente uma cena real tridimensional. Têm surgido no mercado óculos LCD ativos de baixo custo, mas a maioria dos modelos ainda tem preço significativo.

Já óculos para estereoscopia passiva são muito baratos pois não se utilizam de eletrônica para funcionar. Na projeção polarizada utilizam-se dois projetores onde, na frente das lentes dos mesmos, são colocados filtros polarizadores de luz, que somente deixam passar a parcela da luz polarizada numa determinada orientação (Figura 3). A olho nu, a polarização apenas diminui a intensidade da luz, não alterando suas cores. A tela de projeção deve ser especial (prateada) de forma a não despolarizar a luz ao refleti-la de volta ao ambiente. Um projetor mostra na tela a imagem correspondente ao olho direito, enquanto o outro projeta, sobreposta, a imagem para o olho esquerdo. Os filtros de

cada projetor são rotacionados entre si, de tal forma que as polarizações da luz das imagens projetadas têm orientações defasadas de 90° (polarização em V). O usuário, por sua vez, utiliza os óculos passivos, também com lentes polarizadoras, com orientações coincidentes com os filtros dos projetores, para os olhos esquerdo e direito. A luz polarizada numa direção somente é capaz de atravessar um filtro com polarização na mesma direção. Com isso, cada olho enxerga apenas a imagem projetada por um dos projetores, gerando o efeito tridimensional (SANTOS, 2000). A Figura 4 apresenta alguns modelos de óculos que proporcionam a visão estereoscópica. Os óculos ativos são mais adequados para visualização estereoscópica individual na tela do monitor enquanto que os óculos passivos são adequados ao uso por grandes grupos, que visualizam a projeção estereoscópica na tela prateada.

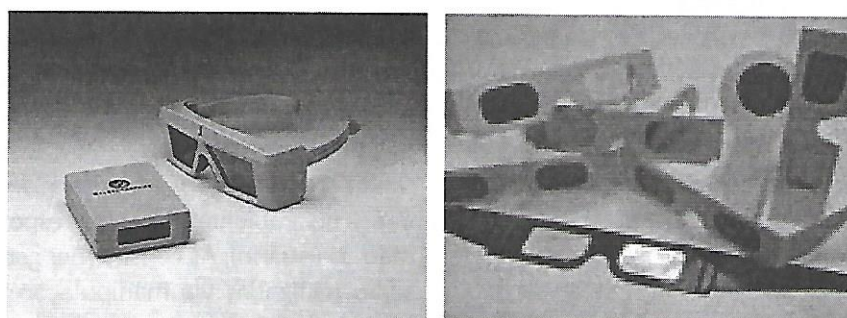


Figura 4: Óculos para visão estereoscópica ativa (esq.) e passiva (dir.) (Extraída de STEREO3D.COM).

### 3.4 Interação em ambientes virtuais

Várias técnicas e dispositivos podem ser utilizados no processo de interação do usuário com o ambiente virtual, sendo a metáfora de interação direta a mais comum nas implementações de ambientes virtuais (REBELO; PINHO, 2004). Os dispositivos de interação permitem ao usuário a movimen-

tação e manipulação de objetos no mundo virtual, fazendo uma conexão de suas ações com os elementos de cena do ambiente simulado. O avanço tecnológico atual tem permitido a utilização de diferentes dispositivos de interação com diferentes finalidades, sendo importante escolher o dispositivo mais adequado para a aplicação de Realidade Virtual em questão.

Na metáfora de *interação com a mão*, o usuário é provido com a representação de sua mão no ambiente virtual, sendo que sua posição e orientação no ambiente são fornecidas ao sistema através de algum dispositivo específico de entrada (Figura 5). Em muitas aplicações é utilizada a técnica de reconhecimento de gestos, caso esteja sendo utilizada uma luva de dados (POUPYREV et al., 1996; BOWMAN et al., 2001). Segundo Rebelo e Pinho (2004), a possibilidade de aproveitar-se o conhecimento intuitivo do usuário sobre este tipo de manipulação é o grande atrativo desta categoria.

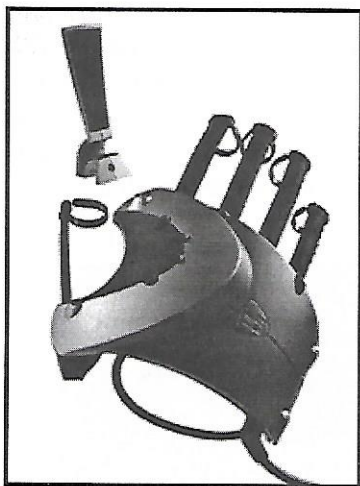


Figura 5: Luva de dados (Extraída de STEREO3D.COM).

Para a determinação dos movimentos dos dedos são utilizados, em sua maioria, sensores mecânicos ou de fibra ótica, sendo esses últimos utilizados nas versões mais populares de luvas de dados. Neste caso, a captura dos movimentos dos dedos se dá através da monitoração da luz injetada nas fibras óticas colocadas ao longo dos dedos da luva. Quando a junta é movida, a fibra dobra-se reduzindo a passagem de luz pelo mesmo e as variações de intensidade são

transmitidas ao sistema onde, por fim, o gesto é reconhecido. Um rastreador acoplado no dorso da luva permite o monitoramento da posição e orientação da mão do usuário no ambiente virtual (CARDOSO; MACHADO, 2004).

De acordo com Rebelo e Pinho (2004), o sucesso da técnica de interação direta depende da capacidade do sistema de realizar um mapeamento natural e intuitivo entre a ação do usuário no mundo real e a ação resultante no mundo virtual.

#### 4. Projeto da ferramenta 3D

O sistema consistirá numa ferramenta para executar construções geométricas tridimensionais, a qual permitirá a criação de situações espaciais com pontos, retas, planos e suas projeções, conforme os movimentos da mão do usuário (usualmente, o professor). A interface para criação e manipulação dos elementos geométricos será gestual.

Ao iniciar o uso da ferramenta, o usuário visualizará um sistema de coordenadas tridimensional, centrado em seu espaço de trabalho (tela do computador), assim como uma representação adequada da luva de dados no ambiente virtual (correspondendo à mão do usuário). As construções geométricas serão realizadas via manipulação direta da luva de dados (com 6 graus de liberdade) no espaço e poderão ser exploradas, interativamente, pelo movimento individual dos elementos construídos. Vale lembrar que essa forma de interação beneficiará a usabilidade do sistema. O usuário também poderá visualizar as construções geométricas a partir de pontos de vista diferentes através da rotação do sistema de coordenadas. Simultaneamente, os alunos poderão visualizar, fazendo uso dos óculos polarizados, as construções feitas pelo professor no espaço,



as quais serão exibidas em uma tela de projeção. As ações básicas que o usuário poderá realizar consistem na criação de primitivas geométricas (como pontos, retas e planos) e sólidos primitivos (esferas, cones,

cilindros, etc.), seleção e exclusão de objetos, rotação do sistema de coordenadas e salvamento e abertura de cenários previamente construídos. A Figura 6 ilustra um cenário de uso proposto para o sistema, em sala de aula.

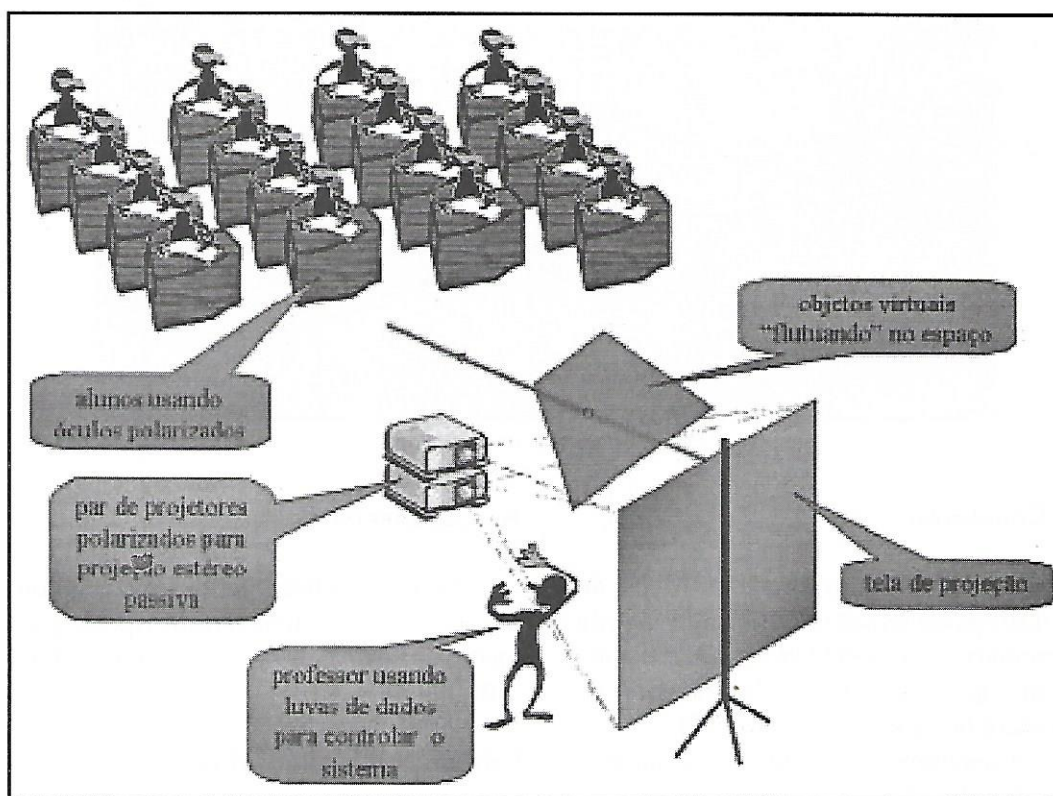


Figura 6: Cenário de uso do sistema proposto.

O uso da ferramenta nas disciplinas de Geometria Descritiva e Desenho, potencialmente poderá proporcionar avanços no processo de ensino-aprendizagem e desenvolvimento das habilidades de visualização espacial, facilitando a aprendizagem dos conceitos. Espera-se, com isso, que a motivação do aluno aumente, já que o estudo não ficará restrito somente à sua capacidade de imaginação. Dessa forma, os resultados

dêsse trabalho poderão ter alcance e aplicação em muitas outras disciplinas, visto que a visualização espacial encontra-se aplicada em várias áreas (SEABRA; SANTOS, 2004).

Um protótipo da ferramenta a ser desenvolvida é apresentado na Figura 7. São apresentadas duas retas, delimitadas por pontos. As respectivas projeções dos pontos nos planos  $p_1$  e  $p_2$ , foram representadas por linhas tracejadas.

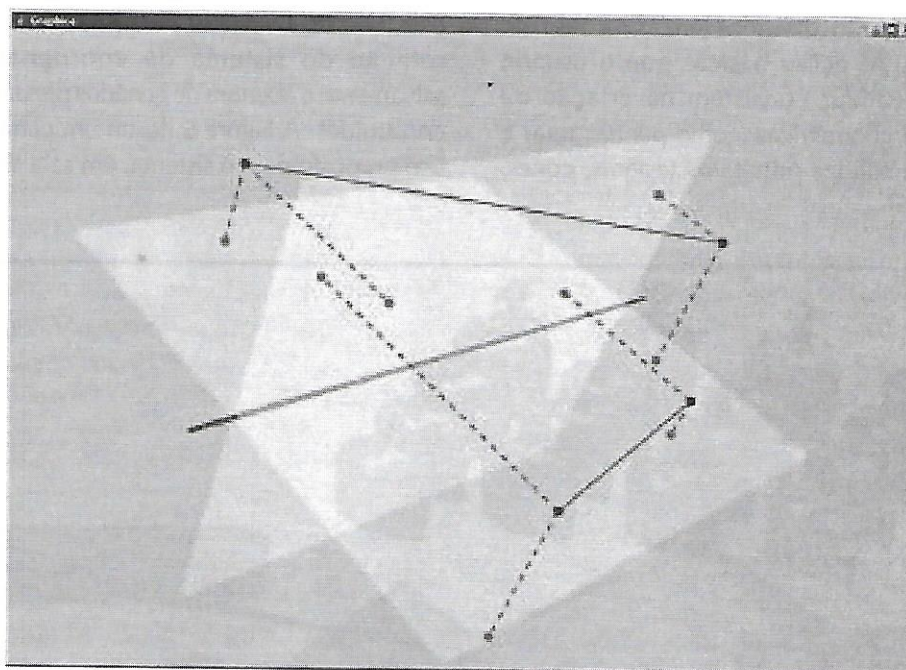


Figura 7: Protótipo da ferramenta.

## 5. Conclusão

Indivíduos com alta habilidade de visualização espacial possuem aguda sensibilidade para detalhes visuais, esboçam idéias graficamente e facilmente se orientam no espaço tridimensional.

Atualmente, a Realidade Virtual está sendo explorada como uma nova forma de interface e estudos sob diversos aspectos estão sendo realizados para que os potenciais benefícios que essa tecnologia visa prover sejam aproveitados. Dessa forma, as pesquisas têm se concentrado no desenvolvimento de ambientes virtuais mais realísticos, além de técnicas mais naturais de interação com esses ambientes. Com base nisso, esse trabalho apresentou técnicas de Realidade Virtual adotadas no projeto de uma ferramenta 3D visando o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial dos estudantes através de aplicações de Geometria Descritiva.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.

## Referências bibliográficas

BARROS, L. N.; SANTOS, E. T. Um estudo sobre a modelagem do domínio de geometria descritiva para a construção de um sistema tutor inteligente. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA – SBIE 2000, 11., 2000, Maceió. **Anais...** Maceió:UFAL, 2000, p. 259-266.

BOWMAN, D. A. et al. An introduction to 3-D user interface design. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 10, n. 1, p. 96-108, 2001.

BURDEA, G.; COIFFET, P. **Virtual Reality**



- Technology**. 2. ed, New York:John Wiley & Sons, 2003.
- BUTTERWORTH, J. et al. *3DM: A three dimensional modeler using a head-mounted display*. In: SYMPOSIUM ON INTERACTIVE 3D GRAPHICS, 1992, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge, MA:ACM Press, 1992, p.135-183.
- CARDOSO, A.; MACHADO, L. S. Dispositivos Adequados à Realidade Virtual. In: KIRNER, C.; TORI, R. **Realidade Virtual: conceitos e tendências**, São Paulo:SBC, 2004, 354p.
- CARDOSO, F. et al. *Jogo: Fogo Amigo – Uso de Técnicas de Realidade Virtual no Desenvolvimento de Jogos Interativos*. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, 6., 2003, Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto:SBC, 2003.
- CRUZ-NEIRA, C. et al. Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. **ACM Computer Graphics**, v. 27, n. 2, p. 135-142, 1993.
- FREITAS, C. M. D. S. et al. Framework para construção de pacientes virtuais: uma aplicação em laparoscopia. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, 6., 2003, Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto:SBC, 2003.
- JONES, G. et al. Controlling perceived depth in stereoscopic images. In: WOODS, A. J. et al. **Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VIII (Proc. SPIE)**, SPIE, v. 4297, p. 42-53, 2001.
- KAUFMANN, H.; SCHMALSTIEG, D. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. **Computers & Graphics**, v. 27, p. 339-345, 2003.
- KAUFMANN, H.; SCHMALSTIEG, D.; WAGNER, M. Construct3D: a virtual reality application for mathematics and geometry education. **Education and Information Technologies**, v. 5, n. 4, p. 263-276, 2000.
- LEITE JR, A. J. M. et al. Um ambiente virtual compartilhado voltado para entretenimento. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, 5., 2002, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza:SBC, 2002, p.138-149.
- OLKUN, S. Making connections: improving spatial abilities with engineering drawing activities. **International Journal of Mathematics Teaching and Learning**, April, 2003.
- PAUSCH, R.; Proffitt, D.; Williams, G. Quantifying immersion in virtual reality. In: ACM SIGGRAPH ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS, 24., **Proceedings...** Los Angeles:ACM, 1997, p. 13-18.
- POUPYREV, I. et al. The Go-Go Interaction Technique: Non-Linear Mapping for Direct Manipulation in VR. In: ACM SYMPOSIUM ON USER INTERFACE SOFTWARE AND TECHNOLOGY, Seattle:ACM Press, pp. 79-80, 1996.
- REBELO, I. B.; PINHO, M. S. Interação em Ambientes Virtuais Imersivos In: KIRNER, C.; TORI, R. **Realidade Virtual: conceitos e tendências**, São Paulo:SBC, 2004, 354p.
- SANTOS, E. T. Uma Proposta para Uso de Sistemas Estereoscópicos Modernos no Ensino de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE

ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO (GRAPHICA'2000), 3., 2000, Ouro Preto. **Anais...**Ouro Preto:UFOP, 2000.

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. Proposta de Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial Através de Sistemas Estereoscópicos. In: PRIMER ENCUENTRO INTERNACIONAL DE PROFESORES E INVESTIGADORES DEL ÁREA DE SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN, **Actas del EGRAFIA 2004**, Rosario, Argentina, 2004.

SILVA, R. J. M. et al. Experiência de Portais em Ambientes Arquitetônicos Virtuais. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, 6., 2003, Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto:SBC, p. 117-128, 2003.

SISCOOTTO, R. A. et al. Estereoscopia. In: KIRNER. C.; TORI, R. **Realidade Virtual: conceitos e tendências**, São Paulo:SBC, 2004, 354p.

STACHEL, H. What is Descriptive Geometry for? In: DSG-CK DRESDEN SYMPOSIUM GEOMETRIC: KONSTRUKTIV & KINEMATISCH, **Proceedings...** Dresden:TU Dresden, p. 327-336, 2003.

STANNEY, K. M. et al. Usability Engineering of Virtual Environments (VEs): Identifying Multiple Criteria that Drive Effective VE System Design. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 58, n. 4, p. 447-481, 2003.

STEREO3D.COM. Disponível em: <<http://www.stereo3d.com>>. Acesso em: 20 jul. 2005.

TÁXEN, G.; NAEVE, A. A System for Exploring Open Sigues in VR-Based Education. **Computers & Graphics**, v. 26, n. 4, pp. 593-598, 2002.

VALENTE, V. C. P. N. **Desenvolvimento de um Ambiente Computacional Interativo e Adaptativo para Apoiar o Aprendizado de Geometria Descritiva**. 2003. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

VELASCO, A. D.; KAWANO, A. **Avaliação da Aptidão Espacial em Estudantes de Engenharia como Instrumento de Diagnóstico do Desempenho em Desenho Técnico**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

VIDAL, C. A. et al. Collaborative Virtual Environments for Language Learning. In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, 6., 2003, Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto:SBC, p. 309-320, 2003.